Tensegrità del disco intervertebrale e dell'osteone.

Si può notare che il disco intervertebrale e l'osteone hanno delle analogie strutturali. Dal punto di vista meccanico, entrambe queste strutture sono finalizzate a resistere alle forze di pressione che agiscono secondo il loro asse.
Il disco intervertebrale è costituito da fibrocartilagine, un tipo di tessuto connettivo.
L'osteone è una struttura di forma cilindrica del tessuto osseo lamellare compatto, che ugualmente appartiene al tessuto connettivo.
In entrambi i casi la componente fibrillare extracellulare è costituita prevalentemente da fibre collagene.
Ricordiamo che una tipica molecola di collagene è costituita da tre catene polipeptidiche avvolte a spirale l'una sull'altra. Ognuna di queste tre catene polipeptidiche possiede a sua volta una struttura alfa-elica. In tal modo le forze che agiscono nel senso dell'allungamento della fibra si trasferiscono e si ripartisco in senso trasversale, poiché, venendo esercitata una trazione longitudinalmente, le tre catene avvolte a spirale premono l'una sull'altra. Una tale struttura avrà quindi maggiore resistenza alla trazione, poiché una parte delle forze di trazione longitudinale si ripartisce in senso trasversale e ciascuna delle tre catene avvolte a spirale non assume mai una forma rettilinea, che invece faciliterebbe la rottura per effetto della trazione. Lo stesso principio si può riscontrare anche nel comune cordame.
Fin qui si può capire come la molecola di collagene possa resistere alle forze di trazione, così come avviene comunemente nei tendini, nei legamenti, e nel tessuto connettivo in generale. Ma come può essere organizzata una struttura del tessuto connettivo in modo da resistere nel suo complesso alle forze di pressione, sfruttando sempre le stesse caratteristiche di resistenza alla trazione, proprie delle fibre collagene? Ciò è possibile disponendosi le fibre connettivali in direzione obliqua rispetto all'asse della struttura di cui fanno parte, e inoltre raccogliendosi in lamelle concentriche ciascuna con l'obliquità delle proprie fibre opposta a quella delle lamelle adiacenti.
A ogni pressione esercitata sulla struttura secondo il suo asse, si avrà una certa riduzione di altezza della stessa, macroscopicamente rilevabile nel caso del disco intervertebrale e microscopica invece nell'osteone, ma comunque minimamente e pur sempre presente anche in quest'ultimo caso.

Immaginiamo adesso una struttura simile a quella del disco intervertebrale o dell'osteone in cui però le fibre siano orientate parallelamente all'asse, cioè disposte longitudinalmente. Esercitando in tal caso una pressione in senso assiale, in modo da ridurre in una certa misura l'altezza della struttura in tal modo schiacciata, le fibre disposte parallelamente all'asse subiranno un certo grado di incurvamento per l'avvicinamento delle loro estremità.
Quando però le fibre sono disposte obliquamente, come realmente accade nel disco intervertebrale e nell'osteone, l'incurvamento che subiscono per effetto dello schiacciamento e della relativa riduzione d'altezza dell'intera struttura, sarà tanto minore quanto maggiore è la loro obliquità, poiché minore sarà in tal caso il relativo avvicinamento delle loro estremità. Il contenuto interno della struttura, costituito prevalentemente da acqua, e quindi praticamente incomprimibile, una volta schiacciato, spingerà mediante forze trasversali contro le fibre che, per effetto della loro obliquità è del loro minor grado di incurvamento, entreranno maggiormente in tensione, opponendosi così più validamente alle forze di pressione esercitate sull'intera struttura.
In questo modo vengono sfruttate le caratteristiche di resistenza alla trazione proprie delle fibre collagene per resistere però a forze di pressione che agiscono sull'intera struttura. In altre parole, venendo esercitata una pressione in senso assiale, se le fibre fossero disposte parallelamente all'asse, non entrerebbero tanto in tensione; essendo invece oblique, per effetto della spinta da parte del contenuto interno schiacciato e che tende a espandersi trasversalmente, le fibre entrano prima e maggiormente in tensione, opponendosi così allo schiacciamento dell'intera struttura e quindi alle forze di pressione che lo determina.
La seguente figura (fig.1) è uno schema che rappresenta un disco intervertebrale. Ogni linea obliqua rappresenta il fascio di fibre connettivali disposto obliquamente:

- quando il disco presenta maggiore altezza (la linea obliqua più in alto),
- e quando il disco è ridotto di altezza, cioè quando è schiacciato (la linea obliqua più in basso):

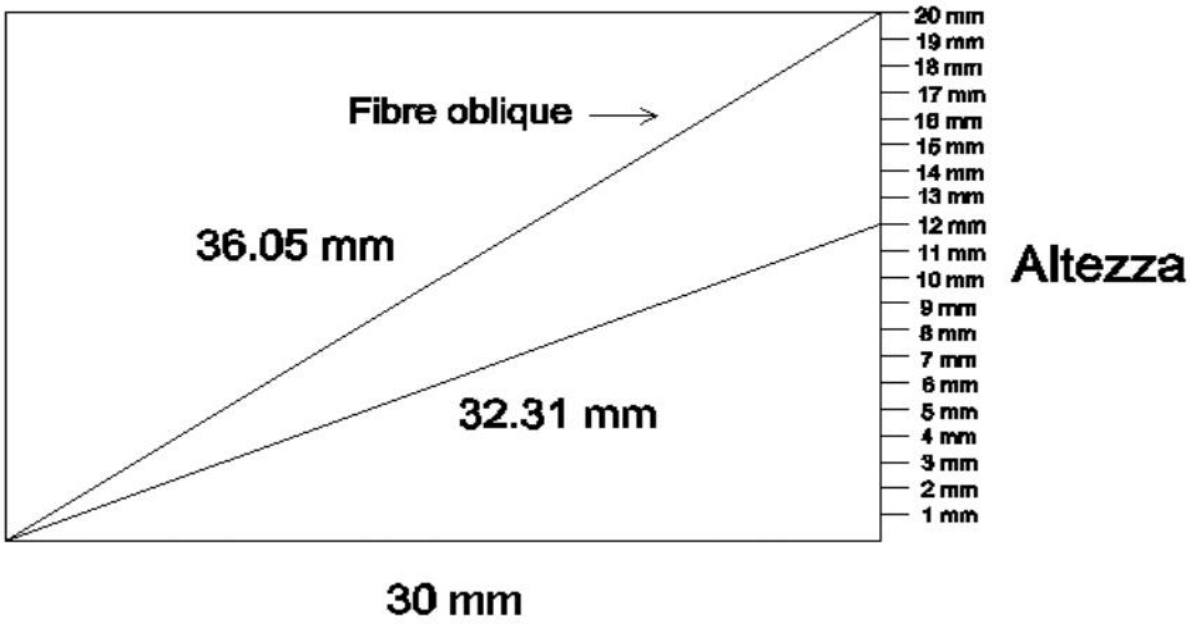

Fig.1) Come si può vedere, per una riduzione di altezza di 8 mm — in rapporto alle misure e alle proporzioni riportate nello schema come esempio — la distanza tra le due estremità del fascio di fibre oblique si riduce solo di 3,74 mm, passando da 36,05 mm a 32,31 mm.

Michele Mariano